

暑熱環境が搾乳牛の乳生産及び生理機能に及ぼす影響 (I)

戸田克史、藤岡一彦、家木 一

要 約

暑熱環境が搾乳牛の乳生産及び生理機能に及ぼす影響を明らかにするため、ホルスタイン種搾乳牛 8 頭を用い、5 月から 10 月にかけて調査を行った。その結果、気象指標と生産及び生理機能との関係において以下のような知見が得られた。1) 月別の乳量減少割合は、共分散分析の結果 6 月が有意に大きく、また 5 月から乳量の低下が認められた。2) 気象指標と乳量及び乾物摂取量を時系列解析した結果、気象指標の上昇は翌日の乾物摂取量、2~3 日後の乳量に影響することが認められた。また乳牛の適温域からの逸脱時期には、翌日の乳量に影響することが認められた。3) 初産牛の乾物摂取量は経産牛ほど顕著な減少は認められなかった。4) 乳牛の温熱感覚を表す指標は平均体温、温熱環境を表す指標は体感温度を用いることが適していると思われた。

キーワード：搾乳牛、体感温度、温湿度指数、乳生産、呼吸数、平均体温

緒 言

高温環境下における乳牛の生産性の低下については、古くから多くの研究が行われており、高温と生理・生産反応の関係、乳牛の適温等が解明されている。一方、乳生産には湿球温度 (以下 WBT) あるいは湿度 (以下 RH) が大きく影響し、それらの上昇が乳量の減少を大きくすることが知られており、WBT、RH を加味した乳牛の体温調節機能について体感温度 (以下 ET) あるいは温湿度指数 (以下 THI) に関する研究が行われ^{1)~8)}、これらの気象指標を用いることにより乾球温度 (以下 DBT) のみを暑熱対策の指標とするよりも効果的であることが示唆されている。しかし、これらの優れた研究成果が酪農現場において十分に活用されているとは言えない。これは ET、THI の何れも、簡単な計算式ではあるが計算作業が必要であり、また酪農家がこれらを一瞥で知る温度計測機器もないため、未だ DBT 単独での暑熱対策が一般的に行われている。また、乳牛の高泌乳化により飼料摂取量が増大し、それに伴う熱の産生量も増加している^{13) 16)}。その結果、暑熱を原因とする経済損失は依然として大きな問題として残されている。

そこで、我々は ET あるいは THI 等を用いて、送風機・細霧装置等の暑熱対策機器を自動制御する牛舎内の気象指標測定装置の開発を平成 9~12 年にかけて徳島県、香川県及び高知県と共同で行っている。今回の試験では、上記の装置を作成する上で必要となる牛舎内の気象指標と乳牛の生理・生産反応の関係について現場において調査・検討した結果を報告する。

本研究は、地域重要新技術開発促進事業 (平成 9~12 年度) で国の助成を受け、行っているものである。

I 材料及び方法

1. 調査期間

調査は、1997 年 5 月 8 日から 10 月 30 日にかけて実施した。

2. 供試牛

供試牛は、当場で繋養のホルスタイン種搾乳牛 8 頭を用いたが、D 牛の乳頭損傷事故のため、6 月 10 日に I 牛と入れ替えて試験を継続し延べ 9 頭を供試した。試験開始時の供試牛の概要は、表 1 のとおりである。

3. 給与飼料及び給与方法

給与飼料は、市販の配合飼料、ヘイキューブ、ビートパルプ、大豆粕、麦、綿実及び購入チモシー乾草を用いた。乾物中の栄養含量の計算値は TDN71%、CP16%、NDF39%、ADF23%とした。飼料は毎日混合し、残食がでるように給与量を設定し、自由採食とした。またミネラル剤、ビタミン剤も添加した。

4. 飼養管理

牛舎は木造スレート、タイストール牛舎を使用し、終日繋留した。搾乳は 7 時 20 分と 16 時の 2 回、飼料給与は 8 時と 15 時の 2 回とした。また、鈹塩、水は自由摂取とした。

5. 調査項目及び調査方法

1) 牛舎内の気象指標

乾球温度及び湿球温度は、牛床から 1.5m の高さに温度計 (タバイエスペック、RT-10) を 3 カ所設置し、1 時間間隔で終日計測した。ET は $DBT0.35 + WBT0.65^{1) 10) 11)}$ 、THI1 は $0.72 (DBT + WBT) + 40.6^{10) 11)}$ を算出して用い、乾球温度と湿球温度から RH を算出し、THI2 として $0.8DBT + 0.01RH (DBT - 14.3) + 46.3^{4)}$ を用いた。

2) 乾物摂取量

残った飼料の回収は、毎日 8 時の飼料給与直前に行い、水分含量を測定し、給与時の水分含量に補正した後、乾物

摂取量を算出した。

3) 皮膚温度、直腸温、呼吸数及び心拍数

測定時刻は、毎日 7 時、10 時、13 時、16 時、19 時とし、毎週木曜日の 22 時、翌金曜日の 1 時及び 4 時に測定を行った。

測定時には、開始 15 分前に牛を起立させ、牛の状態が安定した後に測定を開始した。

皮膚温度は、仲舂らの方法¹²⁾を参考に左肩上部、左肩、左前ばく、左腹の 4 カ所を剃毛し、放射温度計 (COS、CT-30) を用い、0.7 秒間隔で 5 回計測し、その平均値を記録した。直腸温は獣医師用体温計を用い、10 分間挿入しその値を記録した。呼吸数は目視により心拍数は聴診器を用いて 30 秒間計測し、1 分当たりの呼吸数と心拍数を算出した。

4) 乳量、乳成分及び体重

搾乳はパイプラインを用い、これに乳量計 (オリオン、ミルコン) を取り付け、搾乳ごとに乳量を記録し、前日の 16 時の搾乳と当日の 7 時 20 分の乳量を合計し日乳量とした。乳成分は、7 日ごとに生乳を夕朝採取し測定 (フォス、ミルコスキャン 133B) した。体重は 7 日ごとに牛衝器で測定した。

5) 飲水量

ウォーターカップに水量計を取り付け、毎日 8 時 30 分にメーターを記録し、1 日の飲水量とした。

6) 血液性状

採血は、7 日ごとに頸静脈から 10 時 30 分に行った。血液の分析はヘマトクリット値を毛細管法、グルコースを生化学分析装置 (京都第一科学、SP-4410) を用いて当場で計測し、その他の項目は血液を採取後直ちに分離、凍結保存して、(株)ファルコバイオシステムズに分析を依頼した。

II 結果

1. 試験期間中の牛舎内気象の推移

1 日の DBT の平均値は、試験開始時より 20°C を越える日があり、5 月下旬から 9 月下旬まで 20°C を上回る日が続いた。また、6 月下旬から 9 月中旬にかけては 25°C を越える日が続く傾向にあった (図 1)。各日の最高 DBT の推移は、試験開始時から 10 月下旬まで 20°C を上回り、6 月下旬から 9 月中旬まで雨天時を除き 30°C を越えて推移した (図 2)。最低 DBT は 6 月中旬より 20°C を越える日が続き始め、9 月中旬までは雨天時を除き 20°C を越える日が続いた (図 3)。

ET は、6 月始めより 20°C を越え、以後 9 月下旬まで 20°C 以上で推移した。25°C を越えたのは、6 月下旬から 9 月中旬の間であった (図 4)。THI は、試験開始時より 70 を越える日が認められ、6 月上旬から 70 を越える日が続いた。また、6 月下旬から 9 月中旬までは 75 を越える日が続いた

(図 5)。

牛舎内 3 カ所に設置した温度計の計測値の差は ±0.3°C 以内で、温度計の計測誤差の範囲内であり、牛舎内における各計測場所の温度の差は認められなかった。

2. 各調査項目の時期別の推移

月別の乾物摂取量及び乳量の減少割合について共分散分析を行った。その結果 6 月の減少割合は他の月と比較して、有意水準 1% で有意差があり、ET1°C の上昇で乾物摂取量が 0.396kg、乳量が 0.374kg 減少した (表 2)。5 月は下旬に雨天による ET の低下がみられ、その後 6 月から ET が 20°C から 25°C へ上昇し、この時期に大きく乾物摂取量、乳量が低下した。ET が 25°C を越える日が続いた 8 月にも乳量の低下がみられるが、8 月後半は乳量が一定に推移したため、月別の共分散分析では有意な値とならなかった (図 6)。

乳成分の推移について、乳脂率は 5 月下旬から 6 月上旬の乳量低下時に若干の低下が認められたが、その後増加の傾向にあった。また、乳蛋白率及び無脂固形分率は、乳脂率と同様に顕著な低下は認められず、試験期間後期には増加傾向にあった (図 7)。乳成分の生産量は、ET が 25°C を越える日が続いた 7 月の下旬から 8 月の中旬にかけて大きく減少した。しかし、6 月の乳量低下時には顕著な乳成分生産量の低下は認められなかった (図 8)。

体重は、ボディコンディションに現れるほどではなかったが、6 月の乾物摂取量及び乳量減少時に僅かな低下がみられた (図 9)。

血液成分の平均値は、各成分ともに正常値の範囲内で推移し、また各個体についても同様に正常値の範囲内で推移した。

3. 呼吸数、体温、皮膚温度及び心拍数

供試牛の呼吸数の平均値と DBT、ET、THI 及び THI2 との関係について、非線形回帰分析を行った。その結果、DBT においては 18.82°C で屈折点が認められた (図 10)。ET においては、19.75°C (図 11)、THI においては 68.66 (図 12)、THI2 は 68.33 において屈折点が認められた (図 13)。

直腸温と 4 カ所の皮膚温の平均値から求めた平均体温 (直腸温 × 0.86 + 平均皮膚温 × 0.14) と DBT の関係については、非線形回帰分析の結果 17.63°C で屈折点が認められ (図 14)、ET との関係では、21.04°C (図 15)、THI においては 68.45 (図 16)、THI2 は 67.98 で屈折点が認められた (図 17)。

直腸温の平均値と ET の関係について呼吸数と同様に非線形回帰分析を行った結果、21.87°C において屈折点が認められた (図 18)。同じく THI においては 71.91 (図 19)、THI2 は 71.87 で屈折点が認められた (図 20)。

心拍数については、今回の調査では気象指標との有意な

相関は認められなかった。

4. 乾物摂取量及び乳量

日平均の ET が 20℃、THI が 70 を越える日が続いた 6 月 15 日から 9 月 15 日までの乾物摂取量及び乳量と日平均の DBT、ET 及び THI に対し移動平均値 (31 項移動平均) を求めて、原時系列から傾向変動を除去し、それぞれの項目について定常時系列を求め、気象指標と乾物摂取量及び乳量の定常時系列間の相互相関係数を算出し、そのクロスコログラムを求めた。

供試全頭の乾物摂取量と DBT は、相互相関係数が日数の遅れ 1、2 日で、 $-0.39 \sim -0.40$ と負の値が得られ、乳量については日数の遅れ 2、3 日で $-0.56 \sim -0.58$ と負の値が得られた (図 21)。ET と乾物摂取量は、日数の遅れ 1、2 日で $-0.48 \sim -0.50$ 、乳量は日数の遅れ 2、3 日で -0.67 となり (図 22)、THI は、乾物摂取量が日数の遅れ 1、2 日で $-0.47 \sim -0.48$ 、乳量が 2、3 日の遅れで -0.66 の負の値が得られた (図 23)。また、日最低及び最高の気象指標と乾物摂取量及び乳量についても解析を行ったが、日平均の気象指標の場合と同様の傾向が認められた。

次いで、前述の共分散分析により乳量の低下割合が大きかった 5、6 月の乳量と日平均及び日最低の ET について時系列解析を行った。その結果日平均、日最低の ET の上昇により翌日の乳量が低下した。またその相互相関係数は日平均 ET が -0.52 、日最低 ET の場合は -0.58 となった (図 24)。

供試牛を 2 産以上の経産牛 5 頭と初産牛 3 頭に分け、供試全頭の場合と同様に時系列解析を行った。その結果、経産牛、初産牛ともに乳量は温度感作後 2 日目に相互相関係数が -0.55 と最も大きくなったのに対し、乾物摂取量について経産牛は温度感作後 1~2 日後に相互相関係数が -0.54 と最も大きくなったが、初産牛は顕著な影響は認められなかった (図 25、26)。

朝 7 時の平均体温と乾物摂取量及び乳量について時系列解析を行った。その結果、乾物摂取量は平均体温の上昇後 0、1 の日数の遅れで低下した。乳量は 0~2 日の日数の遅れで低下し、その相互相関係数は $-0.65 \sim -0.71$ と負の高い値が得られた。10 時、13 時、16 時及び 19 時についても同様の解析を行ったが、その相互相関係数は $-0.27 \sim -0.54$ となり、皮膚温、直腸温の測定時に気象指標が最も低かった 7 時において平均体温と乾物摂取量及び乳量の相関が高くなった (図 27)。

5. 飲水量

日平均の気象指標と飲水量の関係は、温度が上昇することにより飲水量が増加する傾向が認められたが、DBT25~26℃、ET23~24℃、THI74~75 から飲水量の増加割合が低くなる傾向が認められた (図 28)。

III 考察

月別の乳量減少割合は、6 月において有意に大きかった。また、調査を開始した 5 月においても有意差は無かったが低下が認められた。これは柴田が九州で調査したものと同様の結果であった¹³⁾。乳牛の適温域は日平均 DBT4~24℃^{8) 10)} といわれているが、今回の調査期間中、日平均 DBT は試験を開始した 5 月から牛舎内において 24℃を越える日があり、6 月の下旬からはそれを上回る日が続いた。よって、本県においても 5 月から暑熱対策を開始する必要があることが示唆された。

乳量と気象指標の上昇との関係について、野村、加納は時系列解析を用いて、乳量と畜舎温度は 20℃以上で逆相関を示し、畜舎温度が当日に限らず翌日または翌々日の乳量に影響を及ぼすことを明らかにした¹⁴⁾。また、上野らは 7 月~8 月において気象指標の変化は 2~4 日後の乳量に最も大きく影響することを報告している^{4) 18)}。今回の非線形解析の結果、呼吸数、平均体温に変化の認められた ET20℃以上、THI70 以上の畜舎環境において、日平均の気象指標の上昇は 2、3 日後の乳量に大きく影響した。また、この時期の最高・最低気象指標と乳量の関係は日平均の場合と同様の傾向にあった。特に試験開始直後から乳量の減少割合が大きかった 5 月、6 月の結果から ET の上昇が翌日の乳量減少に影響することが認められた。夏期の乳量減少の原因は、飼料摂取量の低下、または高温の産乳機構への影響等が示されている^{8) 10) 17) 18)}。今回 5 月、6 月の調査期間中、ET の上昇により翌日の乳量が低下した。この原因はこの時期の気象指標の適温域からの逸脱がストレスとなり、これが産乳機構へ影響したためと思われる。その後の常時気象指標が高い時期には供試牛の温熱環境への適応反応、また熱産生量の抑制反応といわれている飼料摂取量の低下が翌日に現れ、これにより 2~3 日後の乳量の減少に現れたものと考えられた。

初産牛と経産牛に対する温熱環境の影響の違いについて、上野らは高産次の乳牛、泌乳量の大きい牛ほど影響が大きかったと報告している⁴⁾。今回の時系列解析の結果から、初産牛、経産牛共に気象指標上昇後 2 日目に乳量の低下が認められた。しかし、初産牛の乾物摂取量は、経産牛のような顕著な低下は認められなかった。この原因は上野らの報告と同様に初産牛は 2 産以上の牛に比べて暑熱の影響が小さかったためと思われる。よって乳牛に対する暑熱対策は、牛群の産歴を考慮して行う必要がある、特に群中の高産歴な牛に重点を置き実施していく必要がある。

乳牛の温熱感覚を表す指標について多くの研究成果が報告されている。三村らは乳牛の ET について検討した中で家畜の温熱感覚を表現する指標としては、直腸温よりも呼吸数が適切であり、また指標に対して DBT よりも WBT

の影響が大きく、その ET 表示を $DBT \times 0.35 + WBT \times 0.65$ と示している¹⁾。また、体蓄熱量を算出する方法として MCLEAN らにより平均体温が示され、仲舛らがその測定方法について簡便化したものを示している¹²⁾。また、平均体温を暑熱対策へ利用することのメリットは既に山本が明らかにしている⁹⁾。平均体温を暑熱対策へ利用した報告はまだ少なく、新出らの報告では、平均体温は呼吸数の ET25°C に先行し 21°C で有意に増加している³⁾。また、古本は呼吸数の日内変化は皮膚温、直腸温あるいは平均体温の増加により必ずしも増加しなかったと報告している¹⁵⁾。今回の非線形回帰分析の結果、呼吸数及び平均体温に対する温熱環境の影響は直腸温よりも低い温度で確認され、ET との関係において呼吸数と平均体温の屈折点の差が 1.29°C、呼吸数と直腸温のそれが 2.12°C であった。これは中舛や山本による環境温度に伴う平均体温の上昇は、顕熱放散の抑制に応じて増加する呼吸数や発汗を支えるために生じ、環境温度や産熱レベルに応じて積極的に変化しているという報告にはほぼ一致するものであった^{12) 16)}。また、平均体温の測定に必要な放射温度計あるいは表面温度計は比較的安価であり、測定作業も呼吸数等に比べて容易である。よって、乳牛の温熱感覚を表現する指標としては平均体温を用いることが適していると思われる。加えて、今回の調査において毎日平均体温を調査した 7、10、13、16、19 時のうち最低の気象指標を示した 7 時の平均体温と乳量の時系列解析において負の高い相関が認められた。このことから、平均体温を温熱感覚の指標として利用する上で、日内の最低の平均体温つまり最低の気象指標を示す時刻の平均体温を調べることが暑熱対策へ利用する上で有効であることが示唆された。

乳牛の温熱環境を表す指標は、前出のとおり乳牛の ET が示されているが、人の不快指数である THI が乳牛でもしばしば使われ、その算出方法はいくつかある。今回の調査では、呼吸数、平均体温、直腸温との相関係数を ET のものと比較したが差は認められなかった。また、乾物摂取量及び乳量との相互相関係数においても差は認められなかった。現場において気象台等のデータを利用する場合、湿球温度についての情報がないため体感温度を算出できないことがある。このような場合、THI ($0.8DBT + 0.01RH (DBT - 14.3) + 46.3$) を利用することで ET とほぼ同様の結果が得られると思われるが、DBT と WBT の作用割合が同じであること、その数値に乳牛では意味づけがなされていないことから⁹⁾、乳牛の暑熱の影響を判定する上で温熱環境を表す指標としては ET を用いることが適していると思われる。なお、BIANCA や三村が体感温度を示した年から比べると、乳牛の泌乳能力も著しく増加していることから ET 表示について更なる検討が必要であると思われる。

暑熱対策を行う上で夜間の温度を下げるのが重要であ

る。上野は気温による乳量の減少のうち約 8 割は最低気温によって引き起こされたと推測しており¹⁸⁾、HOLTER らも暑熱が乳牛の生産性に及ぼす影響は日最低の THI を指標とするのが有効であると報告している⁷⁾。今回の試験では、前出のとおり 7 時の平均体温と乳量の時系列解析において負の高い相関が認められた。また、平均体温は非線形回帰分析の結果 ET21.0°C で上昇しており、本県の夏期における平年の夜間の気温から考えると体感温度も常に 21°C を越える日が続くと思われる。以上のことから、暑熱対策を始める温熱環境は、牛舎の構造及び使用する送風機、細霧装置等、暑熱対策機器の能力の問題はあるが、ET20°C 以下から行う必要があり、特に夜間の ET が 20°C を上回る場合、夜間送風を行い平均体温を下げるのが乳量低下防止に有効であると思われる。

謝辞

実験実施、本報告をまとめるにあたって、種々の御教示を頂いた農林水産省畜産試験場栄養部反芻家畜代謝研究室、寺田文典室長に深謝の意を表します。

試験補助者：中村守、角藤幸男

参考文献

- 1) 三村耕、山本禎紀、伊藤俊男、住田正彦、新谷勝弘、藤井宏融：家畜の体感温度に関する研究、日畜会報、42、493-500、1971
- 2) 山本あや、山本禎紀、山岸規昭、宍戸宏明：乳牛の体温調節反応に及ぼす環境温度と風速の影響について、日畜会報、60、728-733、1989
- 3) 新出昭吾、松重忠美、松村弘明：夏期分娩牛での暑熱ストレス反応開始予測と防暑対策の効果、広島畜試研報、10、5-15、1994
- 4) 上野孝志、早坂貴代史、田鎖直澄：1994 年夏期の猛暑が牛乳生産に及ぼした影響、北海道農試研報、54、5-19、1995
- 5) D.V.ARMSTRONG: Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. J. Dairy Sci. 77.2044-2050.1994
- 6) D.E.LINVILL, F.E.PARDUE: Heat Stress and Milk Production in the South Carolina Coastal Plains. J. Dairy Sci. 75.2598-2604.1992
- 7) J.B.HOLTER, J.W.WEST, M.L.McGILLIARD and A.N.PELL: Predicting Ad Libitum Dry Matter Intake and Yields of Jersey Cows. J. Dairy Sci. 79.912-921.1996
- 8) 柴田正貴：高温下における乳牛の熱収支と乳生産、日畜会報、54、635-647、1983
- 9) 山本禎紀：家畜の温熱環境に関する研究課題、日畜会報、63、743-755、1992
- 10) 野附巖、山本禎紀：家畜の管理、初版、33-42、文永堂

出版、東京都、1991

11)津田恒之：家畜生理学、10版、210-232、養賢堂、東京都、1991

12)仲舛文男、B.P.PURWANTO、山本禎紀：育成牛の平均体温に及ぼす環境温度と熱産成量の影響

13)柴田正貴：高温環境下における乳牛のエネルギー代謝と乳生産、九州農試研報、23、253-335、1983

14)野村晋一、加納康彦：泌乳量の変動要因としての環境温度に関する研究、日獣誌、28、129-140、1966

15)古本史：乳牛の暑熱ストレスの指標としての平均体温、畜産の研究、46、889-892、1992

16)山本禎紀：温熱環境管理に必要な牛の体温調節特性に関する研究成果、家畜管理会誌、73-79、1998

17)農林水産省農林水産技術会議事務局編：日本飼養標準乳牛、1994年版、中央畜産会、1994

18)農林水産省北海道農業試験場編：環境ストレス低減化による高品質乳生産マニュアル、北海道農試、1997

Effects of Hot Environment on Milk Production and Physiological Functions of Lactating Cows (I)

Katsufumi Toda, Kazuhiko Huijoka, Hajime Ieki

Summary

This study examined the effects of thermal environment in summer on milk production and physiological conditions of lactating Holstein cows, and in order to determine a suitable index of thermal environment and feeling of cows on heat environment. Rectal temperature (RT), skin surface temperature, respiration rate (RR), milk production, water intake, DMI and blood components of eight mid lactation Holstein cows were measured from May 3 to October 30 in 1997. As environmental elements, dry bulb temperature (DBT), effective temperature (ET) and temperature-humidity index (THI) in a cowshed had been measured simultaneously. The results are summarized as follows.

1) As a result of non-linear regression analysis, RR refracted at 19.8°C of ET and 68.7 of THI, RT refracted at 21.9°C of ET and 71.9 of THI and TB refracted at 21.0 of ET and 68.5 of THI.

2) As a result of time series analysis, when the ambient ET was higher than 20°C and THI was higher than 70, milk yields decreased 2 or 3 days after rise of ET or THI, DMI decreased next day after ET or THI rose. When temperature exceeded thermonutral zone (May and June), milk yields decreased next day after temperature rose.

3) As a result of time series analysis, milk yields decreased 1 or 2 days after rise of mean body temperature (TB) at seven. We measured mean body temperature at 7:00, 10:00, 13:00, 16:00 and 19:00, and the cross-correlation coefficient at seven is the highest.

Although the difference was not significant in ET and THI, ET is suitable to express thermal environment. Because THI is based on the feeling of human being. In addition, TB is suitable to express feeling of cows on heat environment, because TB rises at lower ET than RT, and it is easier to measure than RR.

In order to reduce TB, the countermeasure of heat stress should be taken at a ET below 20°C and a THI below 70, especially in night time.

Key Word: Cows, Effective temperature, Temperature humidity index, Milk production, respiration rate and Mean body temperature

表1 試験開始時の供試牛の概要

個体	生年月日	産歴	最終分娩月日	体重	乳量	乳脂率	乳蛋白率	無脂固形分率
A	H4. 8.25	3	H8.12.23	596	29.5	3.1	3.1	8.4
B	H5.10. 9	2	H8.12.13	636	28.5	4.1	3.1	8.9
C	H6.10.12	1	H8. 8.10	578	14.9	5.4	3.4	8.8
D	H2.12. 7	4	H8.12. 1	610	33.0	4.3	3.1	8.7
E	H2. 9.26	5	H8.12.30	549	38.3	3.9	2.8	8.1
F	H4. 5.14	3	H9. 1.17	634	32.7	3.4	3.0	8.2
G	H7. 1.30	1	H9. 2.22	476	25.9	3.9	2.9	8.7
H	H7. 3. 8	1	H9. 3.17	496	17.8	4.5	3.1	9.1
I	H6. 1.21	2	H9. 3.20	630	35.2	2.7	2.3	7.6

* D牛が事故のため、I牛と入れ替え(6月10日)

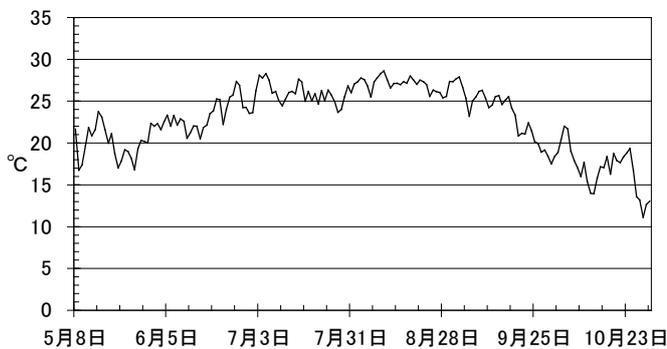


図1 日平均乾球温度の推移

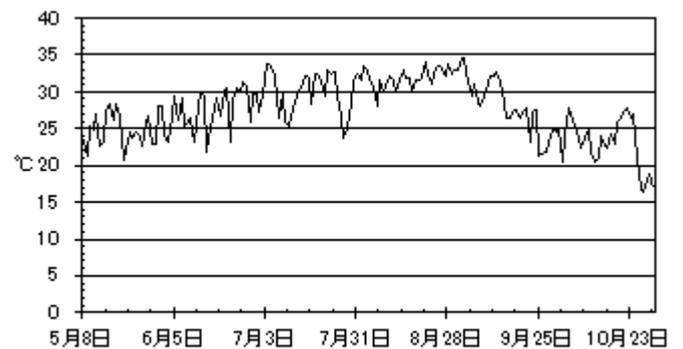


図2 最高乾球温度の推移

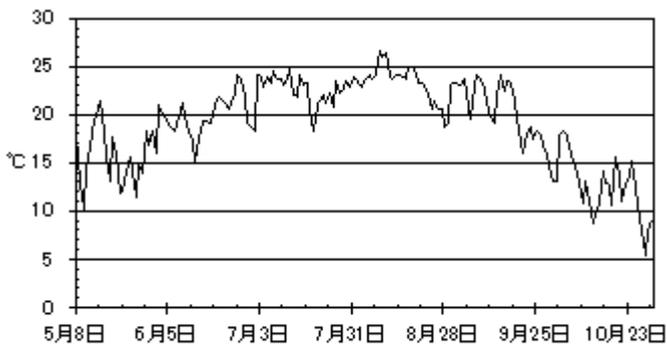


図3 最低乾球温度の推移

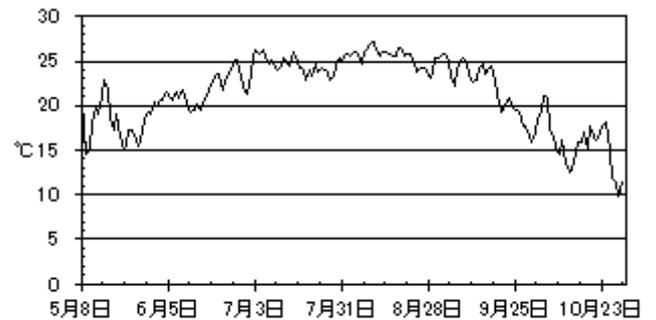


図4 日平均体感温度の推移

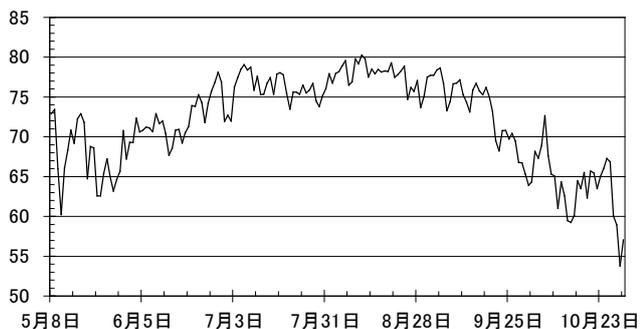


図5 日平均湿度指数の推移

表2 各月における体感温度1°C上昇に対する乳量及び乾物摂取量の変化

月	乳量 (kg)	乾物摂取量 (kg)
5月	-0.123 ^B	0.026 ^B
6月	-0.374 ^A	-0.396 ^A
7月	0.103 ^B	-0.138 ^B
8月	-0.014 ^B	-0.071 ^B
9月	0.033 ^B	0.021 ^B
10月	0.142 ^B	0.045 ^B

異符号間に有意差 AB: P<0.01



図6 乳量の推移

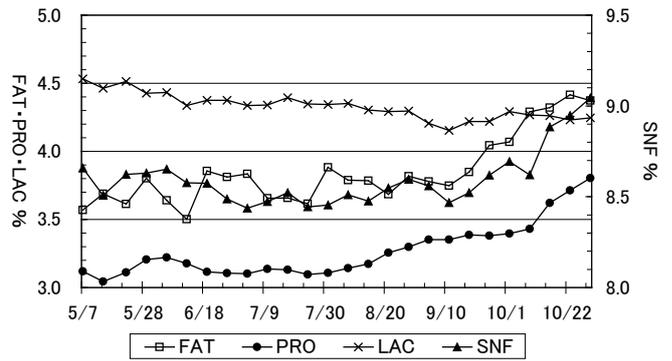


図7 乳成分の推移

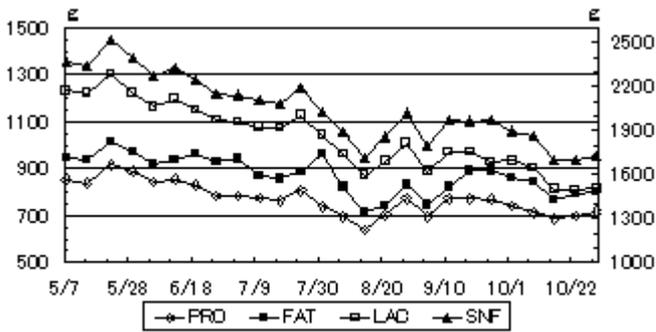


図8 乳成分生産量の推移

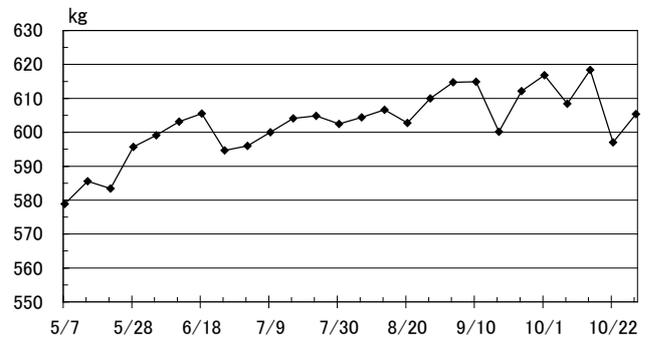


図9 平均体重の推移

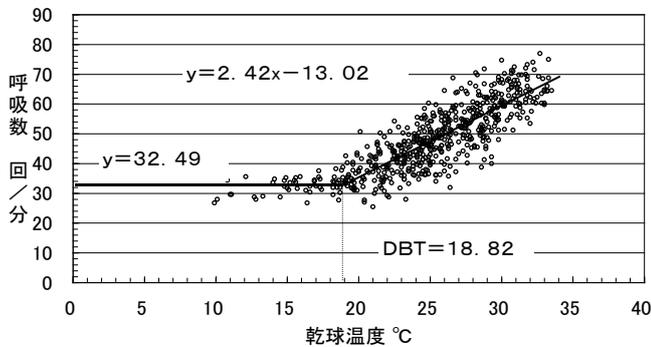


図10 呼吸数と乾球温度の相関

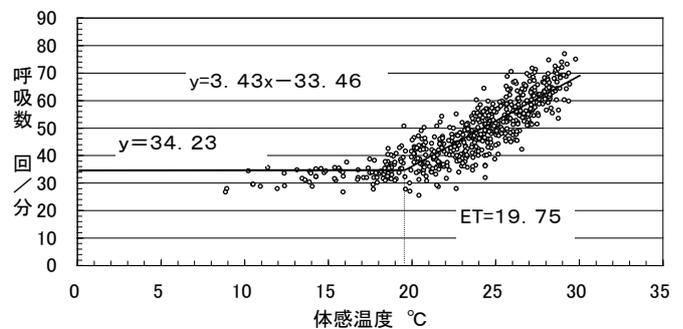


図11 呼吸数と体感温度の相関

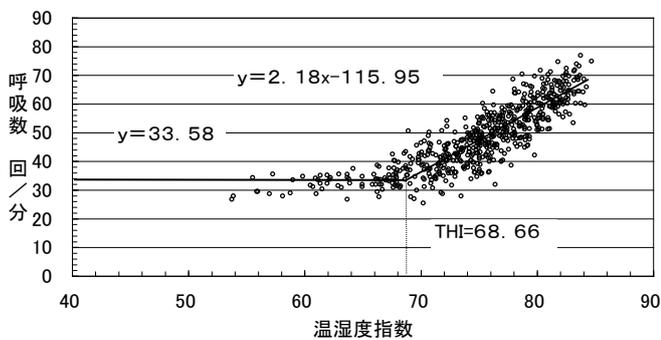


図12 呼吸数と湿湿度指数の相関

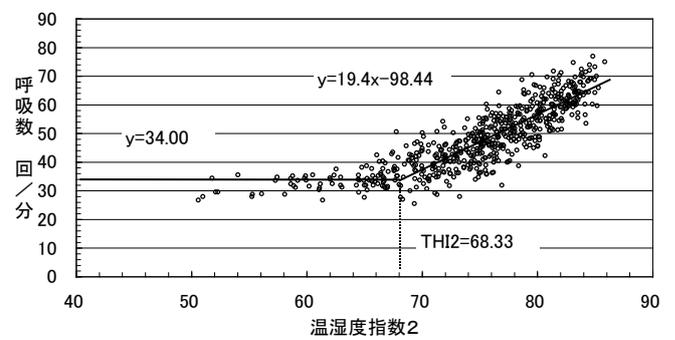


図13 呼吸数と湿湿度指数2の相関

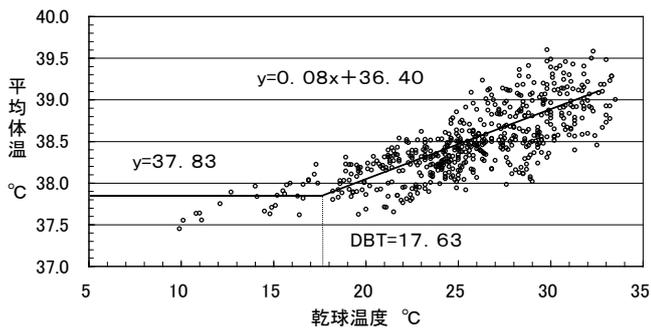


図14 平均体温と乾球温度の相関

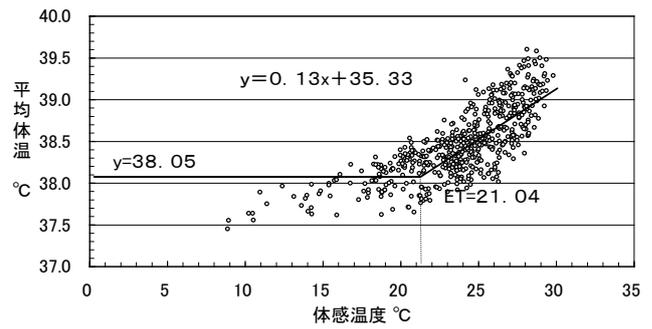


図15 平均体温と体感温度の相関

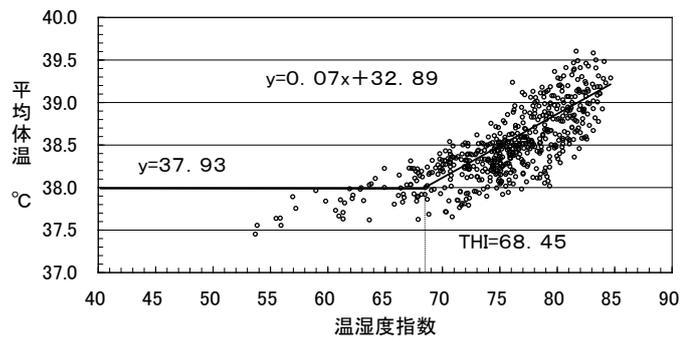


図16 平均体温と温湿度指数の相関

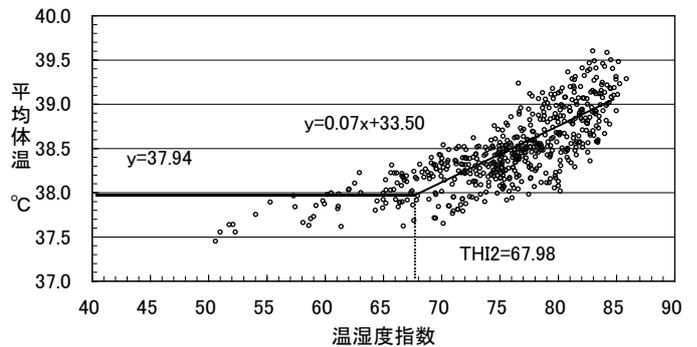


図17 平均体温と温湿度指数2の相関

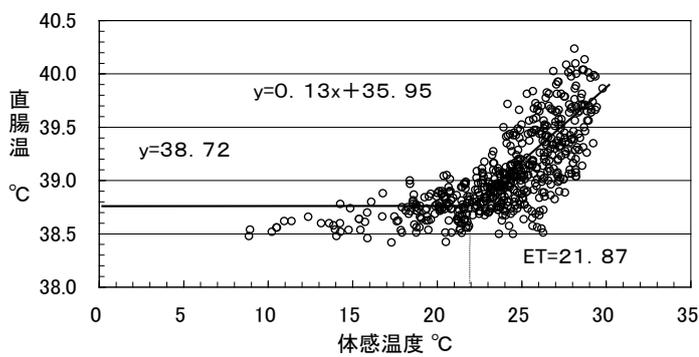


図18 直腸温と体感温度の相関

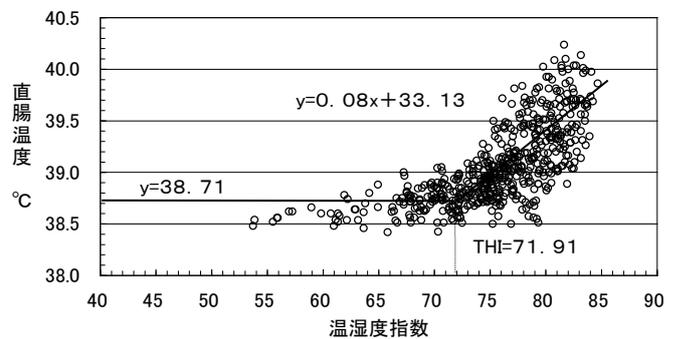


図19 直腸温度と温湿度指数の相関

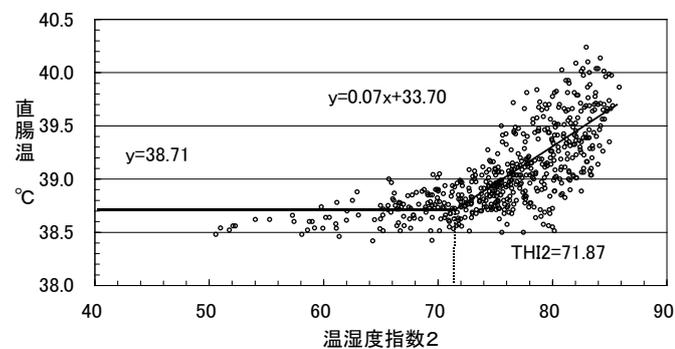


図20 直腸温と温湿度指数2の相関

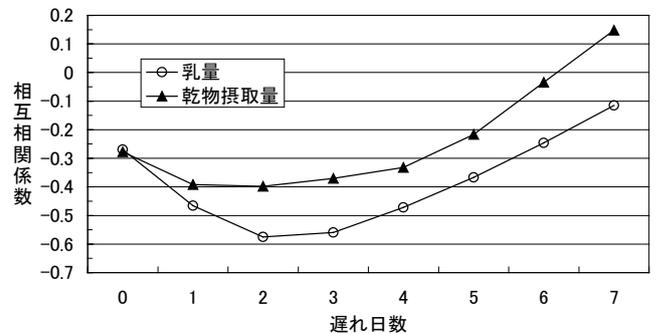


図21 乾球温度と供試全頭の乳量、乾物摂取量のクロスコログラム

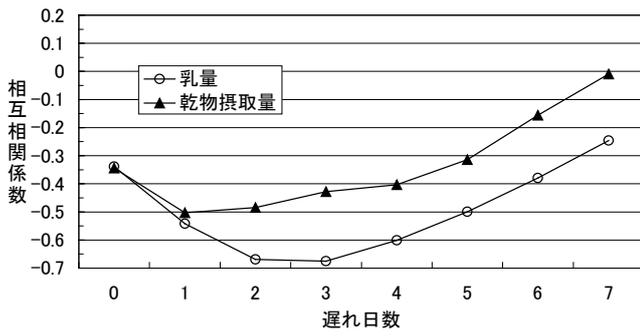


図22 体感温度と供試全頭の乳量、乾物摂取量のクロスコログラム

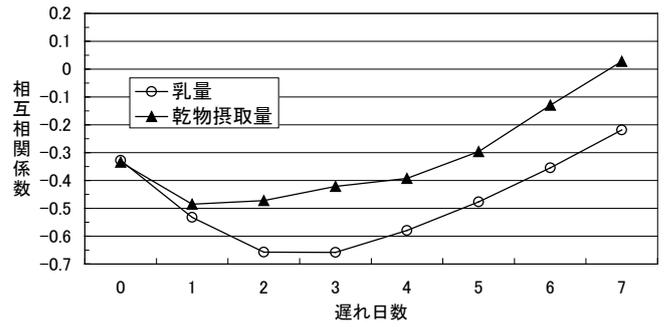


図23 温湿度指数と供試全頭の乳量、乾物摂取量のクロスコログラム

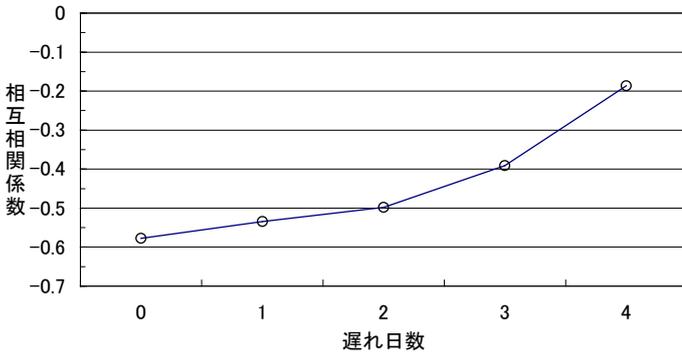


図24 5、6月の日最低体感温度と乳量のクロスコログラム

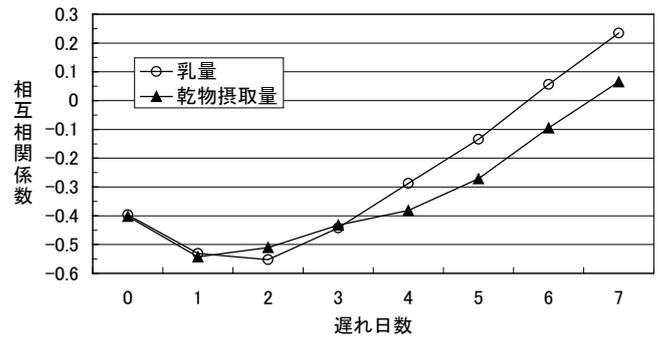


図25 経産牛の体感温度と乳量、乾物摂取量のクロスコログラム

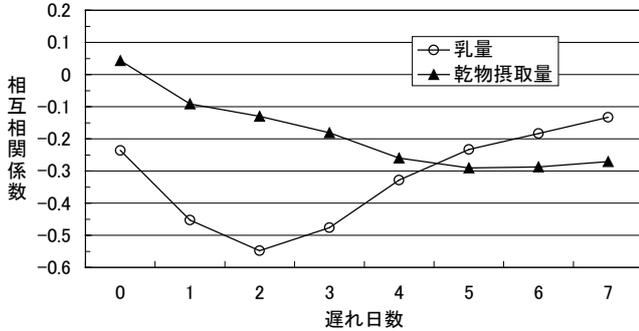


図26 初産牛の体感温度と乳量、乾物摂取量のコロログラム

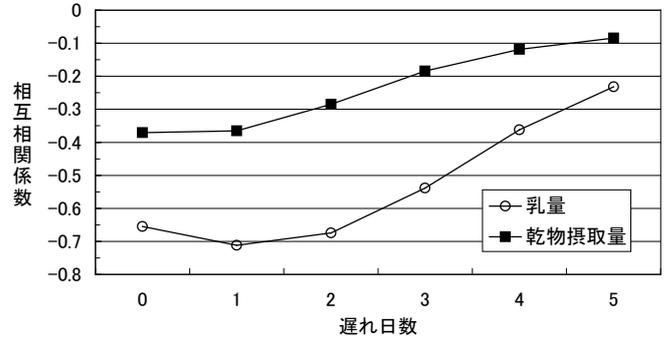


図27 7時の平均体温と乳量、乾物摂取量のコロログラム

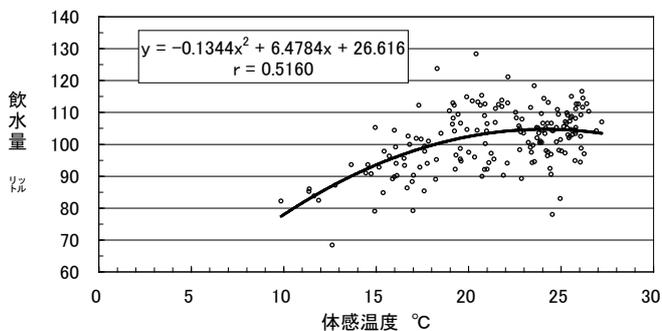


図28 体感温度と飲水量の相関